

*Philosophical Enlightenment
of Modern Physics*

现代物理学的 哲|学|启|示

王海峰◎著



科学出版社

现代物理学的哲学启示

王海峰 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以 20 世纪的物理学革命为背景,介绍了现代物理学的主要支柱——量子力学对微观物质的认识,以及这一理论背后饱受争议的哲学理念。在此基础上,探讨了一些传统哲学理论可能具有的问题,并对物理学和哲学的未来进行了一点展望。

本书着重物理图像,基本没有数学公式,适合理工类专业的大学学生,以及具有高中物理基础的广大物理爱好者和哲学爱好者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代物理学的哲学启示/王海峰著. —北京:科学出版社,2015.2

ISBN 978-7-03-043325-1

I. ①现… II. ①王… III. ①物理学哲学—研究 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 027677 号

责任编辑:钱俊 周涵/责任校对:彭涛

责任印制:张倩/封面设计:铭轩堂

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 2 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2015 年 2 月第一次印刷 印张: 9

字数: 102 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者简介

王海峰，1975 年生于湖北省武汉市，1998 年于清华大学电子工程系获得学士学位，同年进入美国印第安纳州普渡大学（Purdue University）计算机与电子工程学院（School of Electrical and Computer Engineering）攻读博士学位，并于 2003 年获得博士学位。2004~2007 年，在普渡大学生物医学工程学院（Weldon School of Biomedical Engineering）从事博士后的工作。从 2008 年至今，在新加坡国立大学物理系任助理教授（assistant professor）。

前言

我在构思本书的时候，针对的读者主要是以下几类：

一、物理爱好者，想了解现代物理学，但是无法直接读教科书的人。

二、哲学爱好者，愿意花时间仔细思考哲学问题的人。

三、学习过量子力学，但是无法接受其世界观，认为物理学已经堕落成为玄学的人。

哲学是一个看似高高在上的概念，其实却无所不在。每个人都有自己的哲学，无论是实用主义还是理想主义，是唯物主义还是唯心主义。只要是人就会有哲学，因为每个人都会为自己的存在寻找“目的”。这是人比其他动物高级的地方，除了生存之外，只要还能追求更多的目标。而指导一个人追求的就是他的哲学了。所谓三观——世界观、人生观、价值观——都是哲学的衍生物。

哲学最基本的问题，是关于存在的意义和本质的问题。人类自古以来对这个问题就有各种不同的看法。然而，不以物理学为基础的哲学，某种程度上都是无根之水。数千年以来的不同哲学派别的交锋，最后却是谁也说服不了谁。公说公有理，婆说婆有理，似乎都说得通。这个问题的根源在于，我们在宏观世界看到的事实往往可以从多个角度解释，所以无法对哲学分歧作出有效的“裁判”。只有物理学，通过对这个世界的最精细的研究，才有可能分辨出真伪。

笔者大胆地认为，现代物理学已经达到了可以对哲学分歧进行某种裁判的地步。这并不是一方打倒另一方的裁判，而是指出现有哲学

派别的缺点，点明进步方向的裁判。在笔者看来，现代物理学的哲学启示是相当深刻的，足以改变我们对世界的刻板认识，可惜的是大众并不了解。本书就是想为读者介绍现代物理学给予我们的哲学启示。

这里说的现代物理学主要指量子力学。广义相对论也会提一点点。请读者先不要被这些名词吓倒，我在本书里面会尽量用平实的、非物理专业的人也能理解的语言描述它们所揭示的事实。只要您具有高中程度的物理知识，我相信您将能够理解本书的大部分陈述。

如果您已经忘了中学物理知识，那么有一些章节可能会比较难懂，我建议您一开始可以不必追求细节，了解大意即可，重点看结论。对于细节可以回头再仔细琢磨。

对于那些对物理已经很精通的读者，本书描述的物理知识自然对您没有问题，不过本书的哲学解析或许还能对您有点启发。能让您觉得看这本书有所值，那就很好了。

在本书写成之后，新加坡国立大学物理系的龚江滨教授、张淳教授和王清海博士阅读了书稿并提出了很多宝贵的意见和建议，与他们的讨论也令我受益匪浅。在此对他们表示最诚挚的感谢！

对于所有的读者，我希望本书能令您对科学的精神有更深入的了解，学会细致、理性、逻辑的思考方式，而不是简单地凭感觉相信东西。我认为，拥有科学的精神对于身处激烈变化之中的现代人是十分重要的。

最后，希望您阅读愉快！

作者

2015年1月

目 录

前言

第一章	物理学的基本知识	1
第一节	世界的规律和科学的精神	1
第二节	物质的构成	8
第三节	宏观世界和微观世界的巨大差异	13
第四节	粒子和波的差别	18
第二章	微观世界的奇异性	29
第一节	哲学准备：什么叫客观实在	29
第二节	既是粒子又是波	34
第三节	一个看似简单的问题	41
第四节	问题不存在，答案也就不存在	52
第三章	量子力学的世界观与挑战	60
第一节	量子力学的路径积分理论	60
第二节	隐变量理论	67
第三节	宏观世界和微观世界的差异再论——宏观实在 性的来源	80
第四节	薛定谔的猫	87
第五节	观察疑难	92
第四章	一些哲学探讨	100
第一节	唯物主义和唯心主义	100
第二节	科学的哲学本质	110

第五章 未来的方向	116
第一节 两个线索	116
第二节 惠勒的信息物理论与意识	123
第三节 给“民间科学家”的话	133
结语	136

第一章 物理学的基本知识

第一节 世界的规律和科学的精神

物理学之所以成立，其根本在于这个世界具有规律性。

规律无所不在。太阳东升西落，每年四季变更，大地似乎总是平的，而天空总是圆的。这些规律我们习以为常，而古人也基于这些规律提出了对世界的构想。比如，中国古代有天圆地方之说，而北欧的人则相信大地是被一只巨型乌龟驮在背上的。（注：好吧……那么这只乌龟又是站在什么上面的呢？）

今天我们知道，这些古代的世界理论都是错误的。原因在于，它们所基于的仅是最表面、最肤浅的规律，而缺乏对细节的全面考察。如大地的平坦，那只是一定距离内的近似，如果在长距离上仔细测量，就会发现大地其实是弯曲的。今天我们可以从太空船上看到大地，在那个高度一眼就能看到大地是球形的。又如，太阳的东升西落，如果仔细观察，就会发现每天日出和日落的时间并不一样，夏天的时候日出早、日落晚，冬天则相反。天圆地方的简单理论是不能解释这些细节的。

所以说，细节才是揭示真理的关键。研究细节，才能获得真知。这就是“格物致知”的精神了。不过，我们通过细节要找寻的，仍然是“规律”。

让我们先从最基本的概念说起，来谈谈到底什么叫做规律。通俗地说，规律就是指某些事情无论何时何地总是以同样的方式发生，而某些事情无论何时何地都不会发生。这就是说，规律必须是无

视时间和空间位置的。比如，水往低处流，无论在中国还是外国，无论在今天还是明天，这个事实都不会改变，所以它就是一条规律。如果在外国变成水往高处流，那么这就不是规律了。当然，人类能够接触时空范围总是有限的，所以，我们认识的规律严格来说都是“局部性”的规律，虽然我们倾向于相信某些基本规律可能是全宇宙适用的。

一个规律无论何时何地，无论由谁来看都一样，这就叫“客观规律”。一旦我们掌握了某个客观规律，就可以用它来对尚未发生的事做出预言，而我们就可以通过设计某些条件来造成我们想要的结果，这就是认识规律对人类的好处。

人类对这个世界的长期观察，揭示了一个事实：这个世界的一切现象都是有规律可循的，从来就不存在没有道理的现象；反之，假如这个世界没有规律，物理学就没有存在的必要，也没有存在的可能。

（注：虽然某些讨厌物理的人可能很希望物理不存在，从而少一门考试，但事实是，一个没有规律的世界更可怕。想想看，别的不说，只要子弹的运动没有规律就够可怕了吧？）

规律之树

物理学所做的，并不仅仅是记录这个世界的规律，因为那还是太浅薄了。表面看来，这个世界的规律数不胜数，比如，铁总是比拳头硬，冰总是比人体冷，没人能把自己提离地面等。如果只是记录这些表面规律，那么这还只是处于总结“经验规律”的层次。要突破这个层次，就必须看到，规律本身也需要解释。比如，为什么水总是往低处流？提出这种问题就是科学思维的开端。

一旦开始想这种问题，我们就会发现，有很多表面规律其实是同一个更深的规律造成的。比如，“四季变更”和“水往低处流”，这两

个表面规律看起来没什么关系，但是实际上，它们都是万有引力造成的：四季变更来自于地球在太阳引力之下的绕日运动，水往低处流则是水受了地球引力的作用。只要理解了万有引力定律，它们都能得到自然统一的解释。所以，万有引力定律是比它们更深层的规律。由此可见，深层规律比表面规律具有更高的普适性和概括性。从表面规律得出深层规律，就是物理学的主要目的。

然而正如前言所述，规律本身也需要解释，深层规律也不例外！通过对它们的分析，将会发现“更深层”的规律。这就形成了一个有趣的局面：物理学发现的规律都是一层一层的。越深层的规律，数量越少，普适性概括性越强。按照目前的自然科学，我们可以构造一个如图 1-1-1 所示的“规律之树”。

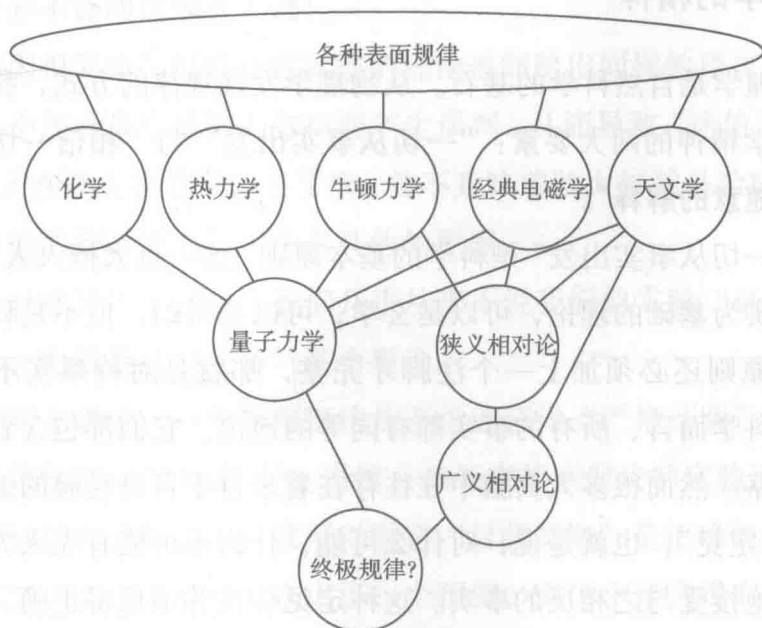


图 1-1-1 人类认识的规律之树图示

这只是一个极简化的示意图，实际上“表面规律”里面也有很多层次，从最浅显的日常规律到较深的工程科学规律。这里的规律只包含从物理衍生出来的自然科学规律。社会科学的规律是另一套体系

规律之树的根是一切规律的源头,那是宇宙最深刻最基本的规律:“终极规律”。宇宙的一切现象都是由它衍生出来的枝叶。物理学要做的事情,就是顺藤摸瓜,一步步地从枝叶追向根源。这种反向的探索就好像我们在观看别人下一种未知的棋,而我们必须从棋局的变化推断这种棋的规则。不过,大自然的现象远比任何棋局复杂得多,物理学的研究自然颇具难度,充满了歧路和误导。不过到现在,物理学已经取得了相当伟大的成就,我们知道的一切物质现象已经被归于两个理论:量子力学和广义相对论。当然,这条路还没有走到尽头,物理学家还在试图寻找这两个理论之下的“大统一理论”,并且我们相信那很有可能就是“终极规律”。

科学的精神

物理学是自然科学的基石。从物理学发现规律的方式,我们可以看到科学精神的两大要素:“一切从事实出发”与“相信一切都有逻辑的非随意的解释”。

“一切从事实出发”是科学的基本原则,这一点大概人人都知道。不以事实为基础的理论,可以是玄学,可以是科幻,但不是科学。不过这一原则还必须加上一个注脚才完整,那就是对待事实不能有偏见。对科学而言,所有的事实都有同等的地位,它们都包含着通向真理的道路。然而很多人头脑中往往存在着来自于自身经验的偏见,或者说“定见”,也就是说,对什么可能,什么不可能有先入为主的判断,拒绝接受与之相反的事实。这种定见往往并不见得正确。一个科学家,需要“大胆假设,小心求证”,头脑里不要有太多条框,但是对事实的考察必须严格谨慎。只有这样建立起来的理论才是坚实的。

现在来谈第二个要素。这个要素的关键,是理解什么叫做“逻辑

的非随意的解释”。这个概念的含义：首先，这个解释必须在逻辑上说得通，不会推出自相矛盾的结果；其次，这个解释不能是随意编造的，它必须能够加深我们对现象的理解，从而有助于我们更好地预测事物发展。如果一个解释对于我们预测事物的发展完全没有帮助，那么这个解释就是随意的，其存在也就没有实际意义。

“非随意的”也可以替换成“可以验证的”。因为任何一个非随意的解释，都必然能对事物的发展作出新的预言，只要检验其预言，就能知道这个解释是否可靠。所以，非随意的解释都是可验证的。随意的解释则是不可验证的，因为它不产生新的可供检验的预言。

在这里，笔者必须说清两个逻辑。

第一，如果某个理论作出了一个预言，而这个预言真的变成了现实，这并不证明该理论正确！

原因很简单，很可能有其他的理论也能给出同样的预言。

这个逻辑最容易被忽视而产生误判，从而导致“迷信”。举个例子，某人在跳大神之后治好了病，并不意味着跳大神就是治病的良方，更有可能的是，该人的病愈有其他的原因。

所以在科学工作中，我们几乎从来不说我们的实验“证明”了某个理论，而只是说“支持”某个理论。

原则上来说，一个物理理论是不可能获得“严格证明”的（这是物理和数学的一个大差别）。当然，如果支持该理论的实验证据很多，而找不到反面证据，我们就可以说它“目前所知”是正确的。

第二，如果某个理论作出了一个预言，而这个预言没有兑现，这确实证明了该理论错误。

这一点想必理解起来不会有困难。

所以，“可以验证”等价于“可以证伪”。一个可以验证的预言，

必须是有可能错误的，这样它的兑现才有含金量。如果一个预言无论发生什么情况都说得通，立于不败之地，那这样的预言就是“随意”的，毫无意义。比如，我预言明天外星人会来地球，大家等了半天没动静，质疑我的时候，我却说外星人刚来过了，只有我看得见而已。这种刀枪不入的预言有什么意义呢？

宗教，迷信与科学

宗教是人类社会里的一个深刻的现象。笔者虽然相信科学的精神，但并不认为所有的宗教思想都是谎言，都是“精神鸦片”。至少，笔者了解较多的道教和佛教都有不少思辨性和洞察性很强的思想，那是人类智慧的体现，也是人类文明的财富。

但是，也有一些宗教派别可能会出现较明显的反智反科学倾向，片面强调信徒的无条件忠诚，让他们放弃思考而接受随意编造出来的理论。这就会导致迷信，乃至邪教。我在这里简单说说两个最大众化的迷信，一个是“末日论”，另一个是“神力治病”。当然，这两个迷信并不和某个特定的宗教挂钩。

说起末日论，这在人类历史上由来已久，屡见不鲜。远的不说，就在 20 世纪 80 年代，中国书店就里曾流行过不少关于“诺查丹玛斯大预言”的书。诺查丹玛斯据说是个法国古代的“预言家”，留下了若干晦涩的预言诗。而一些外国作者凭借对那些诗的分析，预测 1999 年世界末日就会降临。按照这个预言，我们现在已经在天国了。最近的一次末日预言是 2012，大家可能还记忆犹新，可惜它只是另一个失败的案例。数百年来，一个个前赴后继的末日预言无不在事实面前化为尘土，然而每次预言失败之后，总会有人找个理由把末日“推迟”，又或者造出新的末日理论。像这种预言还有什么取信的价值呢？

和末日论相比，“神力治病”可能更有欺骗性，因为它有时确实可能会成功。然而，这并不证明神的存在！（记得上面的第一条逻辑吗？）这种“治病”其实大多都是依靠患者的心理作用，至于是信这个神还是那个神并不重要。所以很多不同宗教的领袖都宣称他们可以治病，这恰恰说明了治病的成功和他们各自信仰的神没有关系。我奉劝相信神力治病的人，得了病还是要去医院，相信医生多一点，不然最终只会自食苦果。

抛开迷信的风险，宗教在一定程度上具有给人以精神支柱、维持道德水准的功能，有其积极意义。但是在科学发达的现代，人类社会应该逐渐淡化宗教的作用，人们应该学会从科学之中汲取精神力量，这也是本书希望读者学到的东西之一。如果因为信仰宗教而排斥科学，堵死自己的求知之路，那就是反智慧的行为。诚然，科学到现在也没有达到解决一切问题的地步，但是人类就算迷惑，也要坚持理性的前进道路，而不应该自我欺骗。笔者认为，理性思维是现代人应该具有的一个品质。

两个问题

现在我们回到物理学。上面我们已经介绍了宇宙的规律之树，由此有些读者可能会想到两个较为深入的问题。

一是人类凭什么认为自己可以理解宇宙的终极规律？或者说，凭什么认为“终极规律”这种东西一定存在？答案是，我们不知道。但这不能成为放弃探索的理由。即使我们认识不到宇宙的终极规律，这条探索之路也会让人类不断前进。重要的是在过程之中的收获，而不是结果！

二是为什么宇宙的规律要用这种层层叠叠的方式隐藏自己？为

什么宇宙的规律就不能是浅显的，我们一眼就能看懂的呢？对这个问题的回答需要一些具体的物理知识，在第三章我们会正式回答这个问题。

在以下几节，我将介绍物理学的一些基本知识，作为第二章介绍量子力学的基础。

第二节 物质的构成

物理学在词典里的定义，是研究物质、时空、能量以及它们之间的关系的学科。通常我们认为，世界是由物质构成的，而时空和能量是用来描述物质的两种基本性质。时空就像是一个看不见的“框架”定义了物质的位置，而能量可以认为是物质蕴涵的某种“活力指数”。

物质无所不在。生物、大地、海洋、天空，无一不是由物质构成的。而且这些物质还具有惊人的多样性，有固体、液体、气体，有不同的颜色、气味、软硬、光滑度、黏性，等等。正因为物质的多样性，才使得这个世界丰富多彩。

然而对于物理学家来说，这个丰富多彩的物质世界也是一个巨大的谜题。这个谜题有两个基本的问题：

一是物质的多样性到底是怎么来的？换言之，什么样的“内在因素”使得这个物体和那个物体不一样？

二是所有的物质表面上看起来都是连续的。但是，物质是真的连续，还是说它们是由某些极微小的“单位”构成的？

这两个问题的答案，实际上是相通的。它们都指向同一个答案——原子学说。

原子学说

在古代，人们并没有足够的技术可以真正地研究这两个问题，所以一切观点只能流于猜想。在公元前4世纪，我国的庄子记载过他的朋友惠施的言论：“一尺之棰，日取其半，万世不竭。”惠施的这句话表明他认为物质是真正连续，因而无限可分的。但是正如庄子所说，惠施的学说乖背杂乱，他也说过含义相反的话：“至大无外，谓之‘大一’；至小无内，谓之‘小一’。”也就是说大到极点的东西无外部可言，小到极点的东西无内部可言。这两句话倒是很符合现代物理的概念。大到极点的东西就是宇宙，因为宇宙“按定义”包含一切，所以不存在所谓宇宙之外。小到极点的东西就是基本粒子，它们之所以“基本”，是因为它们没有“内部结构”，而一个没有内部结构的东西，当然不可分割。所以如果基本粒子存在，就表示物质不是无限可分，也不是真正连续的。

比惠施更早，在公元前6世纪的印度和公元前5世纪的希腊，就由瓦德哈玛那（Vardhamana）和路西浦斯（Leucippus）分别提出了物质是以“原子”为单位构成的理论。在古希腊的理论里，不同物质的原子被认为有不同的形状，而这些不同的形状给予了物质不同的性质，比如，滑腻的油的原子是圆的，而辣的东西其原子是带尖刺的。这种天真的想法其实并不正确。今天我们知道，原子基本都是球形的，物质的性质来自于原子之间的电磁场作用，这和原子本身的形状没什么关系。

古代理论虽然有正确的方面，但是在没有实验证据的情况下它们都只是空想。关于物质有单位的实验证据最早来自于化学。在18世纪末，化学家普劳斯特（Joseph Proust）发现，化学反应中各种原料总是按照固定的比例发生反应产生新的物质。比如，氢气和氧气反应变